



19 BUNDESREPUBLIK

## DEUTSCHLAND



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

② **Patentschrift**  
② **DE 44 36 204 C 1**

④ Int. Cl. 6:  
**G 02 B 6/42**  
G 02 B 6/43

DE 4436204 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦ Patentinhaber:

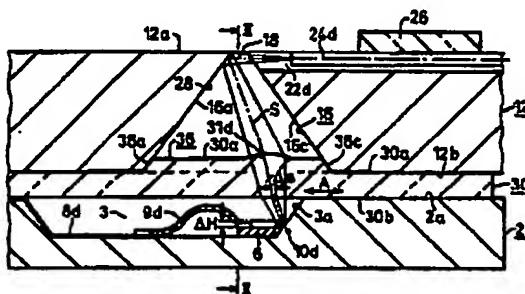
**(7) Erfinder:**  
Plickert, Volker, Dipl.-Ing., 13487 Berlin, DE; Kropp, Jörg-R., Dr., 12355 Berlin, DE

**5) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:**

DE 43 01 456 C1  
EP 03 85 854 A2  
EP 03 31 331 A2

## 54 Optische Kopplungsanordnung

5) Die Kopplungsanordnung enthält einen ersten Träger (2) für ein elektrooptisches Bauelement (10d) und einen zweiten Träger (12) für ein Lichtwellenleiterende (24d), der eine zu seiner Unterseite (14) offene Ausnehmung (16) mit einer dem Lichtwellenleiterende zugewandten Spiegelfläche (28) aufweist. Der Strahlengang zwischen dem Lichtwellenleiterende (28) und dem Bauelement verläuft über die Spiegelfläche (28) und eine zwischen dieser und dem Bauelement angeordnete Linse (31d). Die Linse (31d) ist in einem dritten Träger (30) mit einer Bezugsfläche (30a) enthalten, die mit einer korrespondierenden Bezugsfäche (16a) des zweiten Trägers (12) zur lateralen Positionierung des dritten Trägers (30) zusammenwirkt. Die Oberseite (30a) des dritten Trägers (30) ist fest mit der Unterseite (14) des zweiten Trägers (12) verbunden, während zur lateralen Jurtaga der Linse (31d) die Unterseite (30d) des dritten Trägers (30) auf der Oberseite (2a) des ersten Trägers (2) verschleißbar ist.



DE 44 36 204 C 1

**BEST AVAILABLE COPY**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine optische Kopplungsanordnung mit einem ersten Träger mit einem elektrooptischen Bauelement, mit einem zweiten Träger, der zumindest ein Lichtwellenleiterende trägt und der eine zu seiner Unterseite hin offene Ausnehmung mit einer dem Lichtwellenleiterende zugewandten Spiegelfläche aufweist, und mit einem dritten Träger, der mindestens eine Linse enthält und zwischen dem ersten und dem zweiten Träger angeordnet ist, wobei der Strahlengang zwischen dem Lichtwellenleiterende und dem Bauelement über die Spiegelfläche und die Linse verläuft.

In der optischen Übertragungstechnik besteht die Aufgabe, Lichtwellenleiter und insbesondere Monomode-Lichtwellenleiter an elektrooptische Bauelemente (Sender/Empfänger) mit möglichst hohem Koppelwirkungsgrad anzukoppeln. Die Bauelemente können Halbleiterlaser, Empfängerdioden oder optoelektronische integrierte Schaltkreise sein. Die einzuhaltenden Toleranzen lassen sich erfahrungsgemäß durch sehr präzise durchgeführte und kontrollierte anisotrope Ätztechniken in Silizium, insbesondere hinsichtlich der Ätztiefen z. B. bei Wannen mit ebenen Bodenflächen, allein nicht einhalten. Bei den bisher bekannt gewordenen Anordnungen sind deshalb zusätzliche aufwendige Justagen erforderlich.

Eine aus der DE-C1-43 01 456 bekannte Anordnung zur Ankopplung eines Lichtwellenleiters an ein elektrooptisches Bauelement enthält einen ersten Träger, der in einer ersten Vertiefung eine kantenemittierende Laserdiode und in einer zweiten Vertiefung eine Abbildungsoptik aufnimmt. Eine beschichtete lichtbrechende Seitenwand lenkt eintretende Strahlung zur Unterseite des ersten Trägers hin ab. Ein zweiter Träger ist mit seiner Oberseite entlang der Unterseite des ersten Trägers in einer horizontalen Ebene beliebig verschiebbar und weist an seiner Unterseite Vertiefungen zur Aufnahme des Lichtwellenleiters und zur lichtbrechenden und spiegelnden Umlenkung der Strahlung auf. Die bekannte Koppelanordnung ist nur für Lichtwellenlängen geeignet, für die das Trägermaterial durchlässig ist, weil der Strahlengang überwiegend durch das Trägermaterial verläuft.

Aus der EP-A2-0 395 854 ist eine optische Kopplungsanordnung bekannt, die einen ersten Träger mit einer ersten, durch anisotropes Ätzen erzeugten, von seiner Oberseite ausgehenden Vertiefung aufweist, in der ein elektrooptisches Bauelement angeordnet ist. Eine weitere V-förmige Vertiefung nimmt eine Kugellinse auf, deren Positionierung in bezug auf den Laser nur mit einer Genauigkeit von 1 bis 2  $\mu\text{m}$  voreinstellbar ist. Dazu kommen noch geometrische Toleranzen von Laser und Kugellinse, wobei Höhenunterschiede (Chiphöhen-toleranz) der strahlenden Kante des Lasers aufgrund der Abbildungseigenschaften der Linse zu Schielwinkel führen. Ein zweiter Träger trägt einen Lichtwellenleiter und liegt mit seiner Unterseite auf der Oberseite des ersten Trägers auf und ist auf dieser verschiebbar. Der Strahlengang zwischen dem Lichtwellenleiterende und dem Bauelement verläuft über eine Spiegelfläche und die Linse.

Zur Anpassung der Fernfelder bzw. Lichtflecken von Bauelement (mit einem Laserlichtfleck von ca. 2  $\mu\text{m}$ ) und Lichtwellenleiterende (Lichtfleck ca. 10  $\mu\text{m}$ ) ist der Abstand (Gegenstandsweite) Bauelement/Lins zum Abstand (Bildweite) Linse/Lichtwellenleiterende in einem Verhältnis von ca. 1 : 5 gewählt. Die geometrischen

Toleranzen bewirken vor der Linse einen Strahlversatz, der im Verhältnis von Gegenstandsweite zu Bildweite verstärkt wird, und zu einer erheblichen Verschlechterung des Koppelwirkungsgrads führt. Zumaldest der zweite Träger muß während des Montageprozesses gewendet werden.

Aus der EP-A2-0 331 331 (Fig. 10) ist eine optische Kopplungsanordnung der eingangs genannten Art mit einem ersten Träger mit einer Vertiefung bekannt, in der ein elektrooptisches Bauelement angeordnet ist. Ein zweiter Träger hat eine zu seiner Unterseite hin offene Ausnehmung mit einer einem Lichtwellenleiterende zugewandten Spiegelfläche. In einem sandwichartigen (wollten Sie nicht abnehmen?) Aufbau ist zwischen dem ersten und dem zweiten Träger ein dritter planer Träger angeordnet, der zumindest eine Linse enthält. Nähere Angaben hinsichtlich der Fixierung der drei Träger und der Justage der von den Trägern aufgenommenen Bauelemente sind der EP-A2-0 331 331 nicht entnehmbar.

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Schaffung einer optischen Kopplungsanordnung, bei der Montage- oder Bauteiltoleranzen, insbesondere Höhentoleranzen des optisch aktiven Bereichs des elektrooptischen Bauelements, in einem einzigen und möglichst einfachen Justagevorgang ausgleichbar sind.

Diese Aufgabe wird bei einer optischen Kopplungsanordnung der eingangs genannten Art erfahrungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Mit dem allgemeinen Begriff Strahlengang ist im Rahmen der vorliegenden Beschreibung bei einem sendenden elektrooptischen Bauelement der Lichtverlauf von dem Bauelement zum Lichtwellenleiterende und bei einem empfangenden Bauelement der umgekehrte Lichtweg gemeint.

Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, daß der vorzugsweise vollständig außerhalb des Materials des ersten und zweiten Trägers verlaufende, hinsichtlich der Wellenlänge von dem Transmissionsverhalten dieses Materials unabhängige Strahlengang zwischen dem Lichtwellenleiterende und der Linse ohne aktive Justage, allein durch das Zusammenwirken der Bezugsflächen innerhalb zulässiger Toleranzen gehalten werden kann. Als Bezugsfläche des dritten Trägers dient vorteilhafterweise unmittelbar die Seitenfläche des Fortsatzes, der formschlüssig in die unterseitige Öffnung der Ausnehmung des zweiten Trägers paßt. Abweichungen des entweder direkt oder über eine weitere Spiegelfläche zwischen der Linse und dem Bauelement verlaufenden Strahlengangs können durch bezüglich des Strahlengangs laterale Relativverschiebungen zwischen der Unterseite des dritten Trägers und der Oberseite des ersten Trägers ausgeglichen werden. Wegen des Strahlengangverhältnisses sind dazu vorteilhafterweise nur vergleichsweise geringe Bewegungen erforderlich.

Der dritte Träger bildet durch die Verbindung seiner Oberseite mit der Unterseite des zweiten Trägers eine einstückige, gut zu handhabende kompakte Komponente der erfahrungsgemäßen Kopplungsanordnung. Das Bauelement in der Vertiefung des ersten Trägers kann vorzugsweise bereits mit den Anschlüssen eines Gehäuses oder einer Aufnahme z. B. durch Bonden kontaktiert sein, so daß die zur aktiven Justage notwendige Ansteuerung des Bauelementes bereits über diese Anschlüsse erfolgen kann. Ein weiterer Vorteil der Erfindung tritt bei Verwendung eines kantenabstrahlenden sendenden Bauelementes, dessen Strahlung über eine an dem ersten Träger ausgebildete zweite Spiegelfläche

auf die Linse gelangt, hervor, weil infolge der Höhentoleranz des Bauelementes unterschiedlich hoch abgestrahlte Lichtsignale über die zweite Spiegelfläche nur zu einem translatorischen Versatz, aber nicht zu einem Winkelfehler führen. Der translatorische Versatz ist durch laterale Justage des dritten Trägers auf der Oberseite des ersten Trägers vollständig ausgleichbar.

Eine im Hinblick auf eine Mehrfachanordnung (Kopplungsarray) vorteilhafte Ausgestaltung der erfundungsgemäßen Anordnung sieht vor, daß mehrere elektrooptische Bauelemente in Form eines kantenstrahlenden Laserdiodenbarrens und entsprechend mehrere zugeordnete Linsen und Lichtwellenleiterenden vorgesehen sind und daß die Vertiefung des ersten Trägers mit einer zweiten Spiegelfläche versehen ist, die den jeweiligen Strahlengang zwischen den Bauelementen und den Linsen umlenkt.

Um eine besonders präzise Justage zu ermöglichen, besteht der dritte Träger vorzugsweise aus Silizium und hat eine polierte Unterseite. Die Unterseite ist vorzugsweise planparallel zu der durch den oder die Lichtwellenleiterenden definierten Ebene im zweiten Träger ausgerichtet.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfundung sieht vor, daß die Ausnehmung des zweiten Trägers durchgehend ist und daß deren oberseitige Öffnung zur Ausrichtung einer Vertiefung für das Lichtwellenleiterende dient.

Der dritte Träger kann in Doppelfunktion auch zur hermetisch dichten Kapselung des Bauelements dienen, indem nach einer vorteilhaften Fortbildung der Erfundung der dritte Träger die Vertiefung des ersten Trägers vollständig abdeckt.

Bevorzugt können die Linsen auf dem dritten Träger ausgebildete Fresnellinsen sein. Die Linsen können aber vorteilhafterweise auch integrale Bestandteile des dritten Trägers, vorzugsweise des Fortsatzes sein. Die Materialdicke des Fortsatzes kann damit in Doppelfunktion auch zur Ausbildung starker Linsen dienen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfundung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt einer erfundungsgemäßen Koppelanordnung,

Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie II-II in Fig. 1 und

Fig. 3 eine Ansicht bei teilweise entferntem zweiten Träger.

Der in den Fig. 1 bis 3 gezeigte erste Träger 2 aus monolithischen Silizium der Orientierung 100 nimmt in einer durch anisotropen Ätzen eingebrachten von seiner Oberseite 2a ausgehenden Wanne 3 ein Senderarray 6 auf. Das Senderarray 6 ist als kantenstrahlender Laserdiodenbalken ausgebildet und umfaßt mehrere, über individuelle Zuleitungen 8a, 8b, 8c, 8d und Bonddrähte (gezeigt ist nur ein Bonddraht 9d, der mit der Zuleitung 8d verbunden ist) individuell ansteuerbare elektrooptische Bauelemente (Laserdioden) 10a, 10b, 10c, 10d. Das Senderarray 6 ist mit seinen Bauelementen einer verspiegelten Wannenfläche 3a zugewandt.

Ein zweiter Träger 12 ist aus zweiseitig strukturiertem Silizium gebildet. In den zweiten Träger aus monolithischem Silizium mit der Orientierung 100 ist eine zu seiner Unterseite 12b hin sich erweiternde, im Querschnitt annähernd V-förmige Ausnehmung 16 geätzt, die unter Bildung einer berseitigen Öffnung 18 auch die Oberseite 12a des zweiten Trägers 12 durchdringt. Ein folgender Maskenprozeß bildet an der Oberseite 12a V-Nuten 22a, 22b, 22c, 22d mit einer derartigen

Tiefe, daß in diese eingelegte Lichtwellenleiterenden 24a, 24b, 24c, 24d um einige um über die Ebene der Oberfläche 20 hinausstehen und von einem quer verlaufenden aufgeklebten Glasplättchen 26 gleichzeitig in die V-Nuten gedrückt und fixiert werden. Die Maske zur Strukturierung der V-Nuten kann sehr genau positioniert werden, weil deren Ausrichtung relativ zu der Öffnung 18 erfolgt. Von den Flanken 16a, 16b, 16c der Ausnehmung 16 ist zumindest die den Lichtwellenleiterenden 24a, 24b, 24c, 24d gegenüberliegende Flanke 16a durch Metallbedämpfung als Spiegelfläche 28 ausgebildet.

Ein zwischen dem ersten und dem zweiten Träger angeordneter dritter Träger 30 weist eine der Anzahl 15 der elektrooptischen Bauelemente bzw. der Lichtwellenleiterenden entsprechende Anzahl in einer Reihe angeordneter Linsen 31a, 31b, 31c, 31d (sog. Linsenarray) auf. Alternativ zu dem dargestellten Beispiel können die Linsen 31a, 31b, 31c, 31d nicht als integrale Bestandteile 20 des dritten Trägers im Bereich des Fortsatzes 36 aus dessen Material gebildet sein, sondern an entsprechenden Stellen auf der Oberfläche 30a des dritten Trägers 30 als Fresnellinsen ausgebildet sein. Das Material des dritten Trägers 30 ist gemäß der zu übertragenden Lichtwellenlänge optimiert. Der dritte Träger besteht beispielsweise aus Silizium, in dem derartige Linsen gebildet sind, daß das Fernfeld der elektrooptischen Bauelemente 10a, 10b, 10c, 10d (1 bis 2  $\mu\text{m}$  Fleckdurchmesser) durch entsprechende Vergrößerung auf das Fernfeld der Lichtwellenleiterenden (beispielsweise 10  $\mu\text{m}$  Fleckdurchmesser) angepaßt ist. Mittels zweier aufeinanderfolgender Maskenprozesse auf der Oberfläche 30a werden seitlich der refraktiven oder diffraktiven Linsen 31a, 31b, 31c, 31d anisotrop geätzte Flanken (in den Figuren sind nur die Flanken 36a, 36b, 36c erkennbar) hergestellt. Diese Flanken bilden die Seitenflächen eines die Linsen enthaltenden pyramidenstumpfförmigen Fortsatzes 36.

Die Ausnehmung 16 ist im Bereich der Unterseite 12b 40 derart bemessen, daß der Fortsatz 36 genau in die Ausnehmung 16 paßt. Die Flanken 36a, 36b, 36c und eine weitere, der Flanke 36b gegenüberliegende, figürlich nicht dargestellte Seite des pyramidenstumpfes des Fortsatzes 36 dienen dabei als Bezugsfächen, die mit 45 den korrespondierenden Bezugsfächen 16a, 16b, 16c (und einer nicht dargestellten, der Fläche 16b gegenüberliegenden weiteren Fläche) zusammenwirken. Der dritte Träger 30 ist dadurch in bezug auf den zweiten Träger 12 in lateraler Richtung vollständig positioniert und fixiert. Die Linsen 31a, 31b, 31c, 31d sind damit in bezug auf die Spiegelfläche 16a bzw. die Lichtwellenleiterenden 24a, 24b, 24c, 24d positioniert. Die Unterseite 12b des Trägers 12 und die Oberseite 30a des Trägers 30 sind vor einer aktiven Justage z. B. durch Kleben miteinander verbunden.

Die Unterseite 30b des dritten Trägers 30 ist poliert und auf der Oberseite 2a des ersten Trägers 2 in lateraler Richtung (Doppelpfeile A, B) verschiebbar und deckt die Vertiefung 3 vollständig ab.

Zur lateralen Justage der erfundungsgemäßen Anordnung werden die Bauelemente 10a, 10b, 10c, 10d über die bereits hergestellte Kontaktierung (Leiter 8a, 8b, 8c, 8d und Bonddrähte) angesteuert. Durch Messung des eingekoppelten Lichtes in die Lichtwellenleiterenden 45 wird eine laterale Verschiebung des dritten Trägers 30 – als einstufiges Bauelement mit dem zweiten Träger 12 – relativ zu dem ersten Träger 2 in Richtung der Doppelpfeile A, B durchgeführt, bis ein plumper Kop-

pelwirkungsgrad erreicht ist. Ein in Fig. 1 übertrieben dargestellte Höhendifferenz  $\Delta H$  der Bauelemente 10d führt über die Spiegelfläche 3a lediglich zu einem translatorischen Versatz  $\Delta s$ , aber nicht zu einem Schielwinkel. Der Versatz  $\Delta s$  ist durch die laterale Justage des dritten Trägers 30 mit vergleichsweise geringen Bewegungen in Richtung A ausgleichbar.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel verläuft der Strahlengang S zwischen einem Lichtwellenleiterende (z. B. 24d) und dem zugeordneten elektrooptischen Bauelement (z. B. 10d) über die Spiegelfläche 28, die Linse 31d, die Spiegelfläche 3a zu dem Bauelement 10d.

Die erfindungsgemäße Anordnung kann in herkömmlicher Weise mit ihrem ersten Träger 2 auf einer metallischen Grundplatte montiert werden, wobei die Lichtwellenleiterenden horizontal aus der Anordnung herausführen. Die Dicke der Träger 2, 12, 30 wird entsprechend der optimalen Fernfeldanpassung zwischen den Bauelementen und den Lichtwellenleiterenden und dem notwendigen Abbildungsmaßstab optimiert. Die hinsichtlich des Koppelwirkungsgrades wesentlich weniger kritische Z-Toleranz (in Richtung des Strahlengangs S bzw. der Lichtwellenleiterenden), die sich durch die Umleitung der Höhentoleranz der Bauelemente ergibt, ist bedarfswise durch Verschiebung der Lichtwellenleiterenden in den V-Nuten 22a, 22b, 22c, 22d ausgleichbar.

#### Patentansprüche

##### 1. Optische Kopplungsanordnung

- mit einem ersten Träger (2) mit einem (2a) elektrooptischen Bauelement (10d),
- mit einem zweiten Träger (12), der zumindest ein Lichtwellenleiterende (24d) trägt und der eine zu seiner Unterseite (12b) hin offene Ausnehmung (16) mit einer dem Lichtwellenleiterende (24d) zugewandten Spiegelfläche (28) aufweist, und
- mit einem dritten Träger (30), der mindestens eine Linse (31d) enthält und zwischen dem ersten (2) und dem zweiten Träger (12) angeordnet ist,
- wobei der Strahlengang (S) zwischen dem Lichtwellenleiterende (24d) und dem Bauelement (10d) über die Spiegelfläche (28) und die Linse (31d) verläuft, dadurch gekennzeichnet, daß
- der dritte Träger (30) einen Fortsatz (36) aufweist, der formschlüssig in die unterseitige Öffnung der Ausnehmung (16) des zweiten Trägers (12) paßt und dessen Seitenfläche mindestens eine Bezugsfläche (36a) bildet, die mit einer korrespondierenden Bezugsfläche (16a) des zweiten Trägers (12) zur lateralen Positionierung des dritten Trägers (30) und der Linse (31d) gegenüber dem zweiten Träger (12) zusammenwirkt, und
- daß die Oberseite (30a) des dritten Trägers (30) fest mit der Unterseite (12b) des zweiten Trägers (12) verbunden ist,
- während zur lateralen Justage der Linse (31d) in bezug auf das Bauelement (10d) die Unterseite (30b) des dritten Trägers auf der Oberseite (2a) des ersten Trägers (2) verschiebbar ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere elektrooptische Bauelemente (10a, 10b, 10c, 10d) in Form eines kantenstrahlen-

den Laserdiodenbarrens (6) und entsprechend mehrere zugeordnete Linsen (31a, 31b, 31c, 31d) und Lichtwellenleiterenden (24a, 24b, 24c, 24d) vorgesehen sind und daß die Vertiefung (3) des ersten Trägers mit einer zweiten Spiegelfläche (3a) versehen ist, die den jeweiligen Strahlengang (S) zwischen den Bauelementen (10a, 10b, 10c, 10d) und den Linsen (31a, 31b, 31c, 31d) umlenkt.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der dritte Träger (30) aus Silizium besteht und daß seine Unterseite (30b) poliert ist.

4. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmung (16) des zweiten Trägers (12) durchgehend ist und daß deren oberseitige Öffnung (18) zur Ausrichtung einer Vertiefung (22d) für das Lichtwellenleiterende (24d) dient.

5. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der dritte Träger (30) die Vertiefung (3) des ersten Trägers (2) vollständig abdeckt.

6. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsen auf dem dritten Träger ausgebildete Fresnellinsen sind.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsen (31a, 31b, 31c, 31d) integrale Bestandteile des dritten Trägers (30), vorzugsweise des Fortsatzes (36), sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

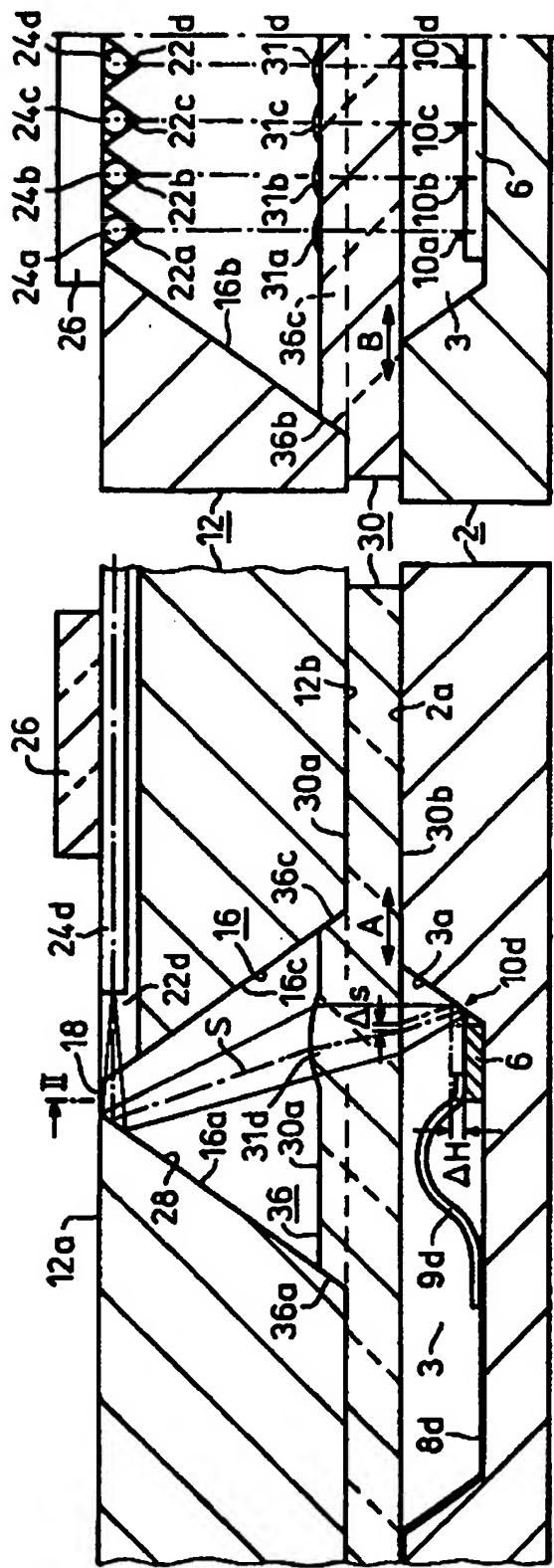


FIG 2

卷一

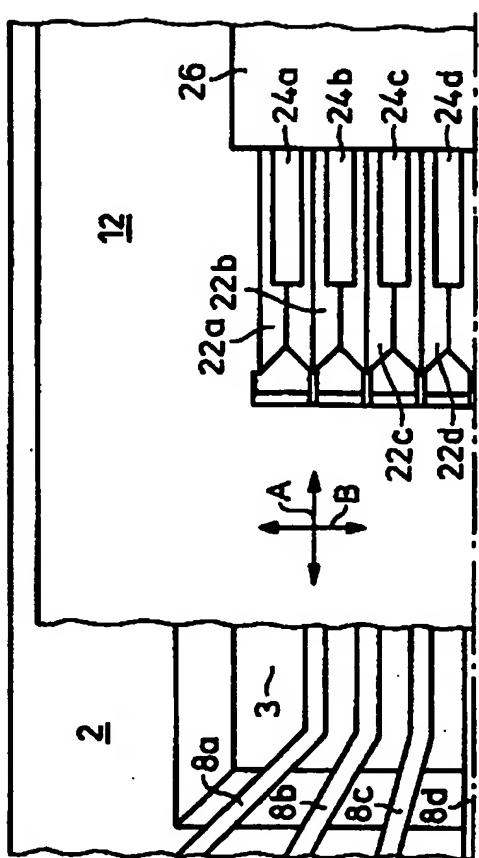


FIG 3